

# CAL

## Introducción

**PRACTICAL ACTION**  
Technology challenging poverty



La cal es un material destacado y versátil. Tiene una larga tradición de uso en la construcción, en la agricultura y en el tratamiento del agua y de residuos. Más recientemente, ha sido empleada en numerosos procedimientos manufactureros, siendo los más notables la preparación de papel, azúcar, acero y ladrillos de silicato de calcio (información adicional de estos y otros usos de la cal son tratados en otras publicaciones de esta serie).

El presente documento es una introducción a la cal, la forma de producirla y la materia prima requerida. Se enfatiza en el uso de la cal en la industria de la construcción y en su contribución para la producción de materiales de construcción a bajo costo.

### Historia del uso de la cal en construcción

La historia no nos dice dónde empezó la práctica de la quema de piedra caliza para obtener cal viva. Sabemos que la civilización cretense en el Mediterráneo utilizó la cal como mortero para albañilería hace más de tres mil años. En la China su utilización es de igual antigüedad: La Gran Muralla China contiene morteros de cal.

Está bien probado que la cal es un material apropiado y duradero para la construcción. El acueducto Pont du Gard en Nimes al Sur de Francia, construido en el año 18 A.C. con mortero basado en cal hidráulica, es todavía impermeable. La excelencia del mortero se atribuye a la selección del material y también al tiempo empleado en apisonar la mezcla durante la construcción. Hasta el siglo XX, la cal fue el principal agente cementante empleado en la construcción de viviendas y era ampliamente aplicado en concretos, morteros y enlucidos. Fue también aprovechada como un acabado decorativo en muchos edificios.

En el siglo XIX fue desarrollado el cemento Portland (OPC), que es considerablemente más fuerte que la cal. Aunque el cemento Portland es mucho más complejo y caro de producir, fue promocionado extensamente y a comienzos del siglo XX ya era muy popular. En unas cuantas décadas ya estuvo siendo utilizado en morteros y enlucidos, no obstante sus desventajas técnicas en comparación con la cal. En la actualidad domina el mercado del cemento.

### ¿Por qué usar y promocionar la cal?

El uso de la cal como agente cementante, especialmente en morteros y enlucidos, tiene varias ventajas sobre el cemento Portland. Morteros y enlucidos con un bajo porcentaje de Portland tienden a tener baja trabajabilidad, son porosos y no tienen una durabilidad

Practical Action, The Schumacher Centre for Technology and Development, Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ, UK

T +44 (0)1926 634400 | F +44 (0)1926 634401 | E [infoserv@practicalaction.org.uk](mailto:infoserv@practicalaction.org.uk) | W

[www.practicalaction.org](http://www.practicalaction.org)



Figura 1: triturado de rocas calizas en Malawi. Foto: Practical Action

ficha técnica

adecuada. Cuando se aumenta la cantidad de cemento para superar estos problemas, aparecen otros como fragilidad y contracción.

La cal supera al cemento en los enlucidos: el fraguado es lento y el acabado es más vistoso, la superficie es más suave y tiene menos probabilidades de fisurarse. Los morteros de cal tienen un alto nivel de trabajabilidad (un término constructivo que quiere decir la correcta combinación de flujo, retentividad de agua y cohesión) que hace que sea muy deseable en morteros y enlucidos.

Como su tiempo de fraguado es lento, se pueden realizar mezclas en cantidades más grandes sin el peligro de perderlas. En condiciones climáticas muy duras, puede ser que los morteros y enlucidos de cal no sean muy duraderos; pero se puede superar este defecto utilizando cal hidráulica o añadiendo un poco de cemento Portland. Materiales silíceos, conocidos en conjunto como puzolanas (cenizas volcánicas, cenizas de cascara del arroz, etc.), pueden mezclarse con la cal para mejorar su resistencia y durabilidad.

Los arquitectos e ingenieros se dan cuenta cada vez más de los problemas de los morteros de cemento Portland y ahora muchos especifican una combinación de cal y cemento. Recientemente, la cal ha jugado un papel muy importante a nivel mundial en la conservación de antiguos edificios, la mayoría de los cuales fueron construidos en la era "pre-cemento Portland". Es bien conocido que para la exitosa conservación de antiguos monumentos tales como iglesias, castillos y otros, se requiere la aplicación del mismo tipo de mezcla utilizada originalmente. En el pasado, los esfuerzos por resanarlos con mezclas de OPC han creado aún más problemas subsecuentes de deterioro.

La cal tiene mayores ventajas económicas que el OPC, el cual es relativamente caro de producir para muchos países en desarrollo, ya que requiere costosas técnicas y combustibles importados. La cal no tiene ninguna de estas desventajas y se considera generalmente más barata de producir, no necesita grandes capitales para empezar su producción y no requiere tanta tecnología y equipos importados. También se puede producir la cal en pequeñas cantidades para un mercado local, lo que reduce grandemente el costo de transporte y provee oportunidades de desarrollo a la industria local.

El OPC, por el contrario, debe ser producido en grandes fábricas centralizadas; esto crea dificultades en su distribución, ya que origina costos más altos debido a los gastos de transporte.

Los costos más bajos de producción y de transporte de la cal resultan en un precio que el comprador puede desembolsar por un producto de calidad para los proyectos de construcción.

La producción y el uso de la cal tiene también varias ventajas sociales. La producción requiere mayor mano de obra que el OPC y provee oportunidades de empleo, lo que es muy importante en las áreas urbanas de los países en desarrollo donde el desempleo es frecuentemente alto.

### Cómo se produce la cal

Hay dos formas principales de cal: cal viva y cal hidratada (o "apagada"). La cal viva se logra quemando cualquier material que contenga



Figura 2: Producción de cal a pequeña escala en Chegutu, Zimbabwe. Foto: Practical Action / Kelvin Mason.

carbonato de calcio a unos 1000°C durante varias horas.

En este proceso, conocido como calcinación o quemado, el dióxido de carbono se libera dejando el óxido de calcio más las impurezas contenidas en la piedra caliza.

La cal viva es químicamente inestable y algo peligrosa, así que es usualmente hidratada agregando agua para "apagar" la cal viva, de esta manera el agua y el óxido de calcio se combinan químicamente para formar el hidróxido de calcio o cal hidratada.

### **Materia prima**

La más común es la piedra caliza, aunque pueden emplearse materias calcáreas, tales como el mármol, coral y conchas. En cualquier excavación de envergadura se deben tomar las debidas precauciones para minimizar el impacto sobre el medio ambiente, especialmente en el caso del coral y en menor grado con las conchas de mar.

La mayoría de las industrias requieren una cal de alta pureza, así que la materia prima debe tener un mínimo de impurezas.

Un contenido de carbonato de calcio de 95% sería el mínimo para producir una cal de calidad. En la construcción, la pureza es de menor importancia; por lo que calces de magnesio e hidráulicas son también utilizadas.

La excavación de piedra caliza se hace en cantera con la ayuda de explosivos; pero en la producción a muy pequeña escala los métodos manuales todavía se aplican. En la mayoría de los hornos la materia prima debe ser reducida a tamaños estándar entre 100mm. y 150mm. Esto se hace normalmente en trituradoras mecánicas especiales, aunque para pequeñas cantidades es preferible hacerlo a mano. Otras publicaciones de esta serie abarcan el tema de técnicas de extracción de piedra caliza y de trituración.

Casi cualquier combustible se puede aprovechar para el calcinado. Tradicionalmente, la leña fue la más común; pero por el aumento de su costo y por el impacto sobre el medio ambiente, en lo que respecta a la deforestación, se ha restringido su uso. El carbón de piedra es el preferido en años recientes. Entre otros combustibles se consideran el petróleo, el gas, residuos agrícolas y hasta en algunos casos, turba.

### **Procedimiento de producción**

#### **Quemado**

Las técnicas empleadas en el quemado de las piedras calizas varían considerablemente. La más simple, y de hecho la menos eficiente, consiste en amontonar troncos en forma circular, y poner la piedra caliza encima y quemarla. Este sistema puede producir sólo hasta 500 kg. por quemada. En el otro extremo, están los hornos rotativos de operación continua - de gran eficiencia y sofisticación - que producen hasta 500 toneladas por día.

Probablemente, el tipo más común de horno es el de eje vertical del cual hay muchas variantes. Básicamente consiste en una estructura cilíndrica alta como una chimenea. La piedra se carga por arriba, cae lentamente por acción de la gravedad y la cal es sacada por el fondo.

Primero, la piedra es pre-calentada, luego quemada y posteriormente enfriada en su lento paso por el horno. Los hornos de eje vertical producen de 2 a 250 toneladas por día, de acuerdo con el tamaño del horno.

Otro tratado de esta serie ofrece detalles sobre diferentes tipos de hornos y proporciona estudios de caso sobre producción de cal en varios niveles de rendimiento y diferentes técnicas.

**Hidratación**

La hidratación, en pequeñas cantidades, puede hacerse manualmente rociando agua sobre la cal viva y removiendo con un rastrillo mientras se agrega más agua. En mayores cantidades, la hidratación es normalmente automatizada en grandes hidratadores donde cantidades pre-medidas de agua y cal son introducidas y agitadas mecánicamente.

Durante la hidratación, los terrones de cal viva se disuelven en partículas muy finas. Para obtener cal de alta calidad es necesario utilizar algunos métodos de selección y / o clasificación escogiendo la cal de acuerdo con el tamaño y densidad de las partículas.

La cal hidratada es usualmente embolsada para su transporte y venta como un polvo seco.

Si en el procedimiento se usa bastante agua y se agita bien, se forma una suspensión lechosa conocida como lechada de cal. Si se permite asentarse los sólidos y se extrae el exceso de agua, se quedará una pasta conocida como masilla de cal. Muchos la prefieren de esta forma para ser usada en construcciones, porque asegura su completa hidratación y produce excelentes morteros; además, si se mantiene en condiciones de saturación no se deteriora con el tiempo.

**Cales de magnesio e hidráulicas**

En algunos lugares, no es posible encontrar materia prima con un alto contenido de carbonato de calcio. Esto puede no ser un impedimento para el uso de la cal en la industria de la construcción, ya que algunas impurezas se pueden tolerar y hasta resultan serventajosas.

Uno de los elementos encontrados frecuentemente con el calcio es el magnesio y se llama dolomita o piedra caliza dolomítica a la piedra que lo contiene, dependiendo de la cantidad de magnesio que contenga. Para quemar la piedra caliza dolomítica se emplea una temperatura un poco más baja, con un tiempo de calcinación más largo que el empleado con la piedra caliza de alta calidad.

Debe tomarse precauciones especiales con su hidratación, ya que el óxido de magnesio necesita más tiempo que el óxido de cal. Si no queda completamente hidratado, el mortero o el enlucido tendrán problemas de expansión. La hidratación en tanques durante un extenso período para formar masilla de cal es, probablemente, el mejor método de hidratación a pequeña escala.

La piedra caliza arcillosa produce una cal hidráulica que, en términos generales, se le considera ventajosa en la industria de la construcción.

La cal hidráulica se endurece más rápido y tendrá mayor resistencia que la cal con alto contenido de calcio. También fragua bajo el agua y, probablemente, el producto final durará más.

La piedra caliza con 12% de arcilla o menos producirá una cal ligeramente hidráulica, mientras que contenidos entre el 18% y 25% producirán una cal eminentemente hidráulica.

## Referencias y lectura adicional

- *Producción de Cal a Pequeña Escala para Construcción* John Spiropoulos, GATE/GTZ, 1985
- *Diseños de Hornos de Cal* Fichas Técnicas Soluciones Prácticas
- *Alternativas al Cemento Portland* Fichas Técnicas Soluciones Prácticas

Practical Action  
The Schumacher Centre for Technology and Development  
Bourton-on-Dunsmore  
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ  
Reino Unido  
E-mail: [inforsew@practicalaction.org.uk](mailto:inforsew@practicalaction.org.uk)  
Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Soluciones Prácticas  
Apartado Postal 18-0620  
Lima 18  
Perú  
Teléfonos: (511) 447-5127, 444-7055, 446-7324  
E-mail: [info@solucionespracticas.org.pe](mailto:info@solucionespracticas.org.pe)  
Website: [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)

Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

No ponemos en primer lugar a la tecnología, sino a las personas. Las herramientas pueden ser simples o sofisticadas, pero proveen respuestas apropiadas, prácticas y de largo plazo; deben estar firmemente bajo el control de las poblaciones locales; son ellas quienes les dan forma y las utilizan para su propio beneficio.

Febrero 1994

fichsa técnica